

**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

GRATZA, J. Návrh manipulačních samosvorných kleští : bakalářská práce.

Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 40 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem manipulačních samosvorných kleští. V úvodu jsou popsány jednotlivé manipulační prvky. V bakalářské práci jsou řešeny možnosti návrhu samosvorných manipulačních kleští a jejich kinematika. A dále srovnání jednotlivých možností řešení.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

GRATZA, J. Design self-locking manipulation tongs : Bachelor Thesis.

Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machinery and Design, 2010, 40 p. Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Bachelor thesis is dealing with design of self-locking manipulation tongs. In the introduction are described individual manipulation attachment. In Bachelor thesis are described solutions of self-locking manipulation tongs and their kinematics characteristics. And then comparison of each solutions possibilities.

## Seznam použitých značek a symbolů

$A$	.....Rozměr sevření kleští.....	$[mm]$
$B$	.....Velikost spodního ramene páky.....	$[mm]$
$C$	.....Velikost horního ramene páky.....	$[mm]$
$D$	.....Velikost odvěsny trojúhelníku.....	$[mm]$
$F$	.....Síla působící na čep.....	$[N]$
$F_G$	.....Tíhová síla.....	$[N]$
$F_S$	.....Svěrná síla.....	$[N]$
$F_Z$	.....Zvedací síla.....	$[N]$
$F_1$	.....Síla působící v ose rameni.....	$[N]$
$F_{1Y}$	.....Síla na páce.....	$[N]$
$M_O$	.....Ohybový moment.....	$[N \cdot m]$
$R$	.....Poloměr.....	$[mm]$
$S$	.....Plocha.....	$[mm^2]$
$W_O$	.....Průřezový modul v ohybu.....	$[mm^3]$
$a$	.....Tloušťka stěny oka.....	$[mm]$
$b$	.....Součet velikosti táhel.....	$[mm]$
$d$	.....Průměr čepu.....	$[mm]$
$g$	.....Gravitační konstanta.....	$[m \cdot s^{-2}]$
$m$	.....Hmotnost břemene.....	$[kg]$
$p$	.....Tlak na břemeno.....	$[MPa]$
$p_D$	.....Dovolený tlak na břemeno.....	$[MPa]$
$t_{min}$	.....Minimální výška svěrné plochy.....	$[mm]$
$x$	.....Šířka svěrné plochy.....	$[mm]$
$\alpha$	.....Úhel sevřený mezi horním a dolním ramenem kleští.....	$[^\circ]$
$\beta$	.....Úhel zalomení páky.....	$[^\circ]$
$\delta$	.....Úhel odchýlení síly $F_{1Y}$ od $F_1$ .....	$[^\circ]$
$\gamma$	.....Přírůstový úhel.....	$[^\circ]$
$\pi$	.....Pí.....	$[-]$

$\sigma_{DO}$  .....Dovolené ohybové napětí..... [MPa]  
 $\tau_{DO}$  .....Dovolené napětí ve střihu..... [MPa]  
 $\psi$  .....Úhel v trojúhelníku tvořeném rozměry B, D, R..... [°]

## **1) Obsah**

<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>1) Obsah .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>2) Úvod .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>3) Manipulační technika .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>3.1) Něco málo o historii Prestaru .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>3.2) Dělení manipulační zařízení .....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>3.3) Dělení dle manipulovaného materiálu .....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>4) Samosvorné manipulační kleště .....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>5) Obecný výpočet svěrných sil .....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>6) Kontrola zvoleného průměru čepů .....</b>	<b>- 30 -</b>
<b>7) Obecné řešení kontroly na otlačení svíraného materiálu .....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>8) Srovnání navrhovaných řešení .....</b>	<b>- 32 -</b>
<b>9) Konstrukční řešení jednotlivých dílů .....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>10) Seznam použité literatury .....</b>	<b>- 39 -</b>
<b>11) Přílohy .....</b>	<b>- 40 -</b>

## **2) Úvod**

V bakalářské práci postihnu tyto body:

- Navrhnu řešení samosvorných manipulačních kleští pro sádrovcové prefabrikáty
- Nakreslím výkres sestavy a výrobní výkresy vybraných částí
- Provedu kinematické výpočty k jednotlivým řešením
- Provedu další potřebné výpočty
- Srovnám mnou navrhnutá řešení

## **3) Manipulační technika**

Jakož to téma bakalářské práce jsem si vybral téma: *Samosvorné manipulační kleště*. Jež budu navrhovat pro manipulaci se sádrovicovými prefabrikáty. Tudíž jsem hledal inspiraci u některé úspěšné firmy zabývající se podobnou problematikou. Vybral jsem a kontaktoval jsem firmu Prestar z Opavy.

### **3.1) Něco málo o historii Prestaru**

Počátkem roku 1997, v době, kdy firma Prestar naplňovala své kapacity pouze zakázkovou výrobou, byli osloveni zástupcem firmy Loharens, jestli by byli ochotni a schopni pro jednoho německého zákazníka nabídnout opracované výpalky. První objednávky byly realizovány poměrně v krátké době a požadované kvalitě a tak zákazník dohodl návštěvu naší firmy s úmyslem rozšířit spolupráci na jednodušší výrobky. Toto bylo realizováno a postupně firma dostávala složitější výrobky. Vrcholem v tom roce byla zakázka na dodávku 11 ks teleskopických kleští, které byly vyráběny v areálu firmy Kupra s velkými problémy termínovými i kvalitativními. Koncem roku 1997 firma Prestar zahájila přímou spolupráci s firmou Nordgreif.

V letech 1998-2002 spolupráce mezi firmami dosahovala geometrických meziročních nárůstů v objemu výroby a pracovníci firmy Prestar získávali stále větší zkušenosti s problematikou manipulační techniky z hlediska výroby a funkčnosti. V tomto období vyráběla firma Prestar celé spektrum výrobků firmy Nordgreif. Zároveň bylo učiněno rozhodnutí vedením firmy Prestar certifikovat firmu na systém řízení jakosti dle EN ISO 9001:2000

V roce 2003 objem výroby pro zákazníka stále stoupal a firma Prestar se rozhodla zúročit své vědomosti v oblasti výroby manipulační techniky tím, že požádala pana Fantura (majitele firmy Nordgreif) o poskytnutí licence na výrobu manipulační techniky a její prodej v zemích střední a východní Evropy. Licenční smlouva byla podepsána v polovině roku 2003 a vymezovala rozsah pomoci a prodeje. Koncem roku 2003 oznamuje pan Fantur (majitele firmy Nordgreif) ukončení činnosti ve firmě a prodej firmy gigantu Carl-Stahl.

V období 2004 – 2006 firma Prestar spolupracuje s novým vedením firmy Carl-Stahl Nordgreif, je podepsána prodlužující licenční smlouva na dobu 10 let, statistikou obchodu můžeme konstatovat, že jsme vyrobili do dnešního dne tisíce výrobků kategorie drobné manipulační techniky, stovky výrobků složitých strojů, desítky těžkých strojů jako vertikální kleště, kleště na bramy, ingoty, apod.

Firma Prestar stanovila strategii, která určuje hlavní směry další činnosti, a to automatizační linky pro zpracování trubek a manipulační a zvedací technika. Ke zdokonalování stroje a činnosti v oblasti manipulační techniky byla přijata opatření a částečně realizována již v roce 2007 a to:

- nákup a instalace výpočtového programu pro pevnostní kontrolu výrobků před vydáním do výroby a to včetně zaškolení
- vytvoření servisní skupiny s materiálním zabezpečením pro montáž, uvádění do provozu, zabezpečení preventivních prohlídek i řešení reklamací a pozáručního servisu
- získání oprávnění pro svařování dílů manipulační techniky na trzích EU a východní Evropy

Rok 2008 znamenal zejména zvládnutí související legislativy pro uvádění vlastních (ne licenčních) výrobků na trh, vyškolení vlastního revizního technika manipulační techniky z řad pracovníků firmy Prestar a zahájení činnosti na polském trhu.



### **3.2) Dělení manipulační zařízení**

Všeobecným problémem u manipulace zůstává bezpečnost práce při této činnosti. Je jedno, jestli je manipulováno s jednoduchými, lehkými předměty nebo s těžkými, neforemnými břemeny, případně je-li tato činnost vykonávána jednorázově nebo opakovaně.

Všeobecně lze konstatovat, že zvýšení bezpečnosti práce dosáhneme nejenom proškolení obsluhy, vazačů a jeřábníků, ale i použitím kvalitní manipulační techniky pro jednorázová nebo stálá použití.

Veškerá manipulační technika je vyráběna dle poskytnuté dokumentace a zohledňuje poslední platné normy bezpečnosti práce platné na území EU. Opakované sériové výrobky typu katalogových produktů jsou přezkoušeny a odsouhlaseny německými zkušebnami. Výrobky splňují všechny předepsané bezpečnostní normy pro uvedení na trh na územní SRN a následně tedy na územích celé EU. Bližší specifikace zemí, kde je možno tyto výrobky bez rizik provozovat je dáno normou EN 13155.

Manipulační zařízení jsou vždy navržena z ohledem na typ přepravovaného břemene a na způsob požadované manipulace. Správná volba vhodného manipulačního prostředku přispěje nejen ke zvýšení bezpečnosti práce, ale také ke zvýšení produktivity.

### **3.3) Dělení dle manipulovaného materiálu**

#### *1. Manipulace s plechy*

Pro manipulaci s plechy se nejčastěji používají tři základní typy zařízení:

- svěrky
- magnety
- vakuové systémy

## *Svěrky*

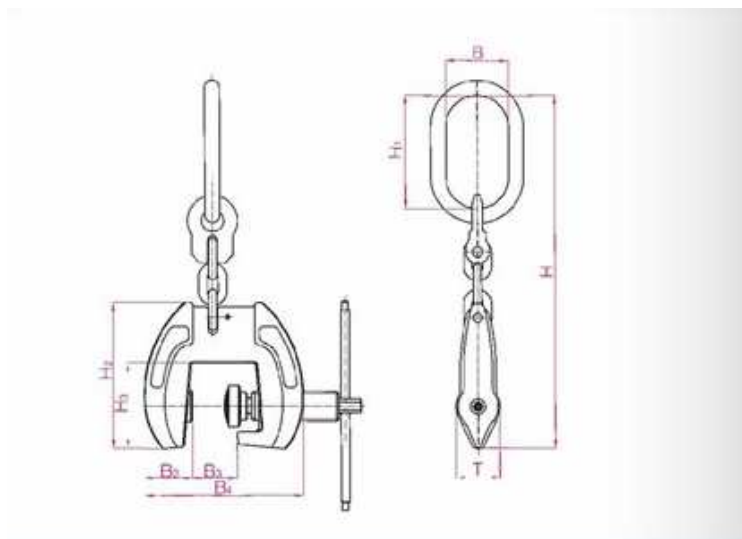
Konstrukční uspořádání svěrek a použité materiály zajišťují zvýšenou bezpečnost manipulace s plechy při dodržování všeobecných zásad použití a návodů na obsluhu. Některé typy jsou opatřeny kalenými čelistmi a excentrickým pružinovým zabezpečovacím mechanismem sevřeného plechu. Zkušenosti z provozu ale při revizi svěrek ukazují, že přestože si zákazník pořídí kvalitní manipulační prostředek jeho nasazení v provozu mnohdy nesplňuje požadavky na použití.

Bezpečnostní zásady bývají vědomě porušovány. Nejčastějším porušením bývají manipulace s působením nepřipustných bočních tahů, přetěžování svěrek, nepoužívání v páru, manipulace s tvrdšími materiály než je předepsáno apod.

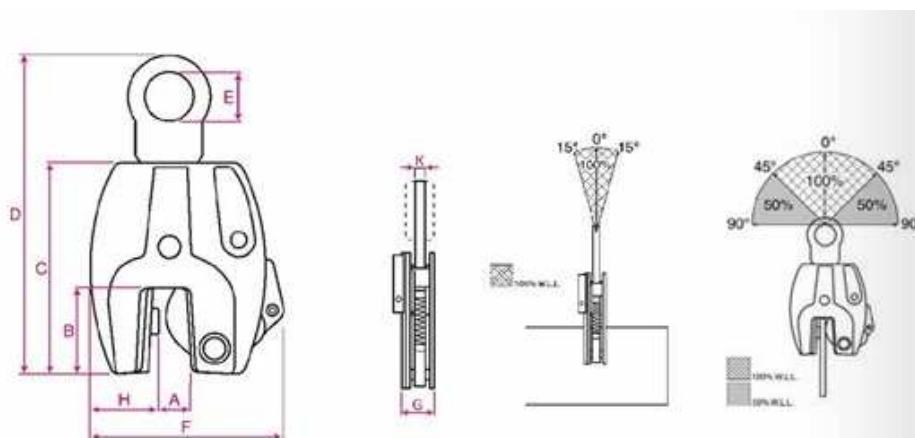
Pro obsluhu těchto svěrek je dostačující jedna osoba. Při použití více svěrek na společném úvazku nebo traverze musí i tyto další prostředky splňovat podmínky nasazení. Pro bezpečnou práci je nutné znát a dbát na snižování nosností svěrek se změnou úhlu zavěšení.

Svěrky dané břemeno objímají ze dvou stran, to znamená, že pro použití svěrek je předpokladem, že plech je z obou stran přístupný.

Svěrky pro svislou přepravu plechů a otáčení plechů patří mezi nejčastější používání zařízení pro přepravu jednotlivých kusů plechů. Jsou ovládány otočným segmentem a mají dvě polohy – otevřenou a uzavřenou. V uzavřené poloze je břemeno pevně sevřeno v čelistech svěrky, pružinové předpětí zajišťuje dosednutí čelistí na plech. Pro přepravu menších kusů plechů používáme 1 svěrku, pro manipulaci delších břemen pak 2 a více kusů svěrek. Základním kritériem pro použití více svěrek je to, aby se plech neprohýbal a nenakláněl během celého procesu manipulace. Svěrky jsou vyráběny v široké škále, rozděleny dle nosností (250 – 16000 kg) a pracovních rozsahů (0 – 100 mm).

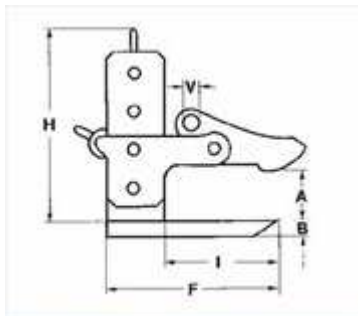


Příklad svěrky plech [1]



Další příklad svěrky na plech [2]

Druhým typem svěrek jsou svěrky pro vodorovnou přepravu plechů a svazků plechů. Jedná se o párové samosvorné svěrky, zavěšené standardně na dvouramenných řetězových vazácích. Vazáky by měly svírat vnitřní úhel od  $90^\circ$  -  $120^\circ$ , můžeme být přepravováno i více plechů najednou. Pro manipulaci delších plechů je používáno více párů svěrek zavěšených na společné traverze. Pro manipulaci plechů, kde je nutné zabránit i drobným povrchovým poškozením, jsou používány speciální svěrky s velkoplošnými chráněnými čelistmi.



Svěrky na plech ve vodorovné poloze [3]

### *Magnety*

Pro magnety všeobecně platí to, že jsou schopny manipulovat pouze s břemeny z magnetických materiálů, minimální tloušťka materiálů je 3mm. Zároveň je nutné zajistit to, aby plechy byly zbaveny mastnoty a nečistot.



Magnet na plech [4]

Pro přepravu malých kusů plechů jsou používány standardní typy permanentních magnetů. Jediným výrazným omezením použití je minimální tloušťka plechů (cca 6 mm).

Mezistupněm mezi permanentními břemenovými magnety a profesionálními řešeními s použitím elektromagnetů či elektro-permanentních magnetů jsou bateriové elektromagnety. Jedná se o finančně dostupná řešení, většinou se používají pro manipulaci plechů do formátu 2x6m od tloušťky 3 mm za použití dvou magnetů. Magnety jsou napájeny z baterie. Na jedno nabití baterie vydrží při běžném provozu po dobu jedné směny, poté je nutno ji znovu nabít. Baterie je snadno vyměnitelná.



Další magnet na plech [5]

Ve skladech hutního materiálu a tam kde je velký pohyb materiálu, nachází uplatnění profesionální řešení s použitím elektromagnetů a elektropermanentních magnetů. Tyto systémy jsou vždy řešeny podle potřeb zákazníka.

#### *Vakuové manipulátory*

Jsou určeny pro horizontální přemísťování plochých břemen, jako jsou plechy a desky z železných a neželezných kovů, magnetických a nemagnetických kovů, plastové desky, skleněné tabule a desky, materiál z kamene, dřevěné tabule, desky opatřené povrchovou neprodyšnou úpravou a podobně.



Příklad vakuového manipulátoru [6]

Vakuové samopřísavné manipulátory nepotřebují cizí zdroj energie a tudíž ani přívodní kabel nebo hadici. Potřebný tlak se vytvoří účinkem břemene. Vícepřísavkové manipulátory s možností nastavení vzájemné vzdálenosti přísavek jsou určeny pro manipulaci s rozměrnějšími břemeny.



Další příklad vakuového manipulátoru [7]

Vakuové manipulátory jsou vybaveny manometrem a výstražným zařízením – indikátorem poklesu podtlaku. Indikátor si při zvedání břemene zapamatuje maximální hodnotu podtlaku a pokud tato hodnota v průběhu manipulace s břemenem poklesne o 20%, je aktivován alarm. (akustická a vizuální signalizace), upozorňující obsluhu na urychlené odložení břemene.

Manipulace s břemeny pomocí manipulátoru je velmi snadná a díky speciálnímu překlápěcímu mechanismu je možno plynule zvedat a odkládat břemena bez zásahu obsluhy. Obsluha ovládá pouze jeřáb nebo kladkostroj.

Vakuové manipulátory se vyznačují jednoduchou a bezpečnou obsluhou, minimální údržbou a dlouhou životností.

## 2. Manipulace s nosníky

Stejně jako pro přepravu plechů, se pro manipulaci s nosníky nejčastěji používají svěrky a magnety.

### *Svěrky*

Svěrky uchycují daný nosník za přírubu. Pro správnou volbu svěrky je proto nutno přihlídnout k typu nosníku, rozměru a hmotnosti nosníku, polohu příruby a také k formě skladování nosníků. Pro přepravu dlouhých nosníků je používáno více kusů svěrek zavěšených na traverze.



Příklad svěrek na traverzy [8]



## *Magnety*

Magnety pro manipulaci s nosníky se liší především šířkou magnetů, která vychází ze škály přepravovaných nosníků a způsobů manipulace v daném provozu.



Magnet na traverzy [9]

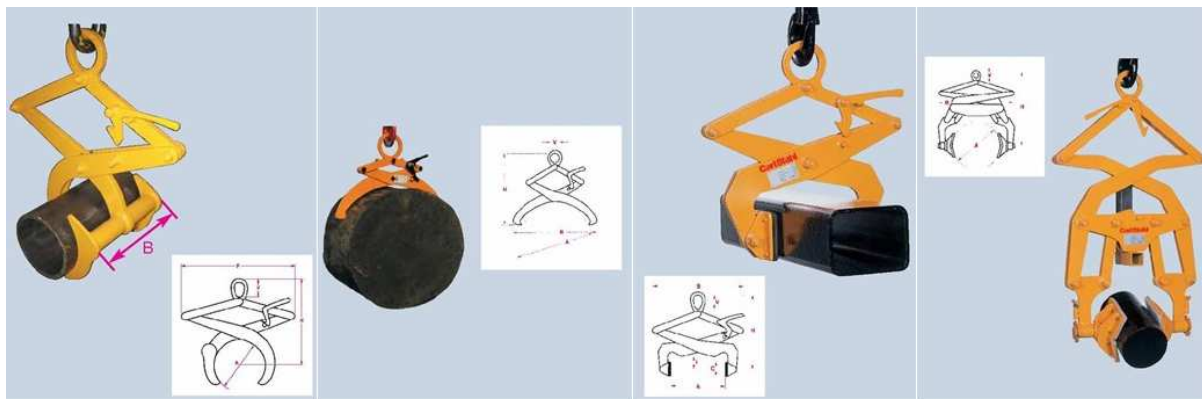


Postup práce magnetu na traverzy [10]



### 3. Manipulace s profily, sudy, bednami, balíky ...

Pro manipulaci s celou řadou břemen slouží typ zařízení, který nazýváme kleštěmi. Základním typem kleští jsou tzv. samosvorné kleště, kdy síla uchopení břemene je dána poměrem ramen kleští a také hmotností samotného břemene. Kleště jsou vždy navrženy s ohledem na tvar, rozměry, hmotnost břemene a způsob manipulace.



Ukázky manipulačních kleští na různé profily [11]

Kromě samosvorných kleští jsou vyráběny i technologicky náročnější zařízení s elektromotorickým či elektrohydraulickým pohonem.

Tyto samosvorné kleště jsou ve většině případů opatřeny zajišťovací pákou, zabezpečující vždy maximální rozevření čelistí. V této rozevřené poloze najíždí obsluha na manipulovaný materiál, který je uchopen přibližně v těžišti. Při dosednutí kleští na manipulovaný předmět dojde k odlehčení zajišťovací páky, obsluha odjistí tuto páku a zvedáním kleští dojde k sevření břemene. Síla sevření břemene je úměrná hmotnosti břemene. Pro zvýšení bezpečnosti při manipulaci materiálů s hladkým povrchem nebo povrchem náchylným k poškození jsou čelisti kleští opatřeny speciálním výměnným obložením, které zlepšuje koeficient tření a chrání povrch proti poškození.

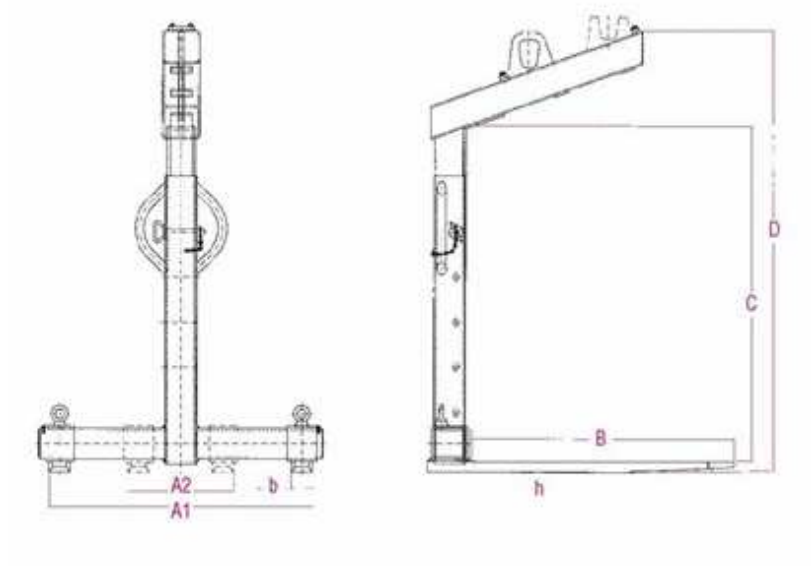
#### 4. *Přeprava břemen na paletách*

Standardní typy nakládacích vidlic slouží především pro přepravu břemen na paletách. Na zakázku jsou pak vyráběny typy pro přepravu rozměrnějších břemen, jako jsou např. svazky plechů. Počet nosných vidlic, rozteč nosných vidlic a světlost nakládacích vidlic je určována rozměry přepravovaných břemen.

Nakládací vidlice mohou být vybaveny několika základními typy závěsů.

- Pevný závěs je volen v tom případě, že poloha těžiště přepravovaných břemen je neměnná.
- Samovyvažovací závěs s plynovou pružinou zajišťuje, že při najíždění na břemeno jsou nosné vidle ve vodorovné poloze, což umožňuje snadné najetí pod paletu. Při zvedání břemene se závěs vysune do koncové polohy, a nakládací vidlice se mírně nakloní vzad.
- Hřebenový závěs umožňuje mechanické přesouvání závěsu do polohy těžiště.

Výška nakládacích vidlic a tím i světlost (odpovídající výšce přepravovaného břemene) může být buď stálá, nebo mechanicky stavitelná.



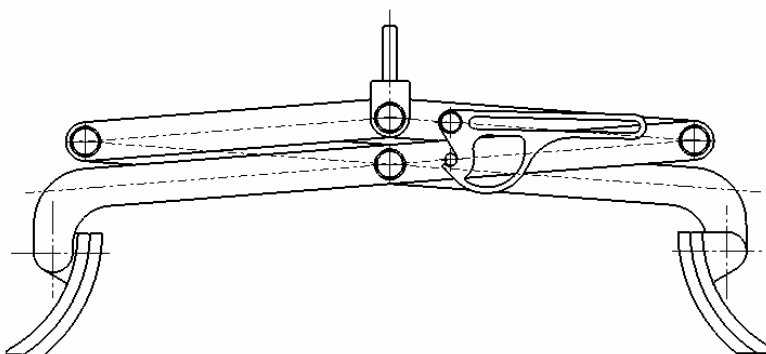
Příklad paletového manipulátoru [12]



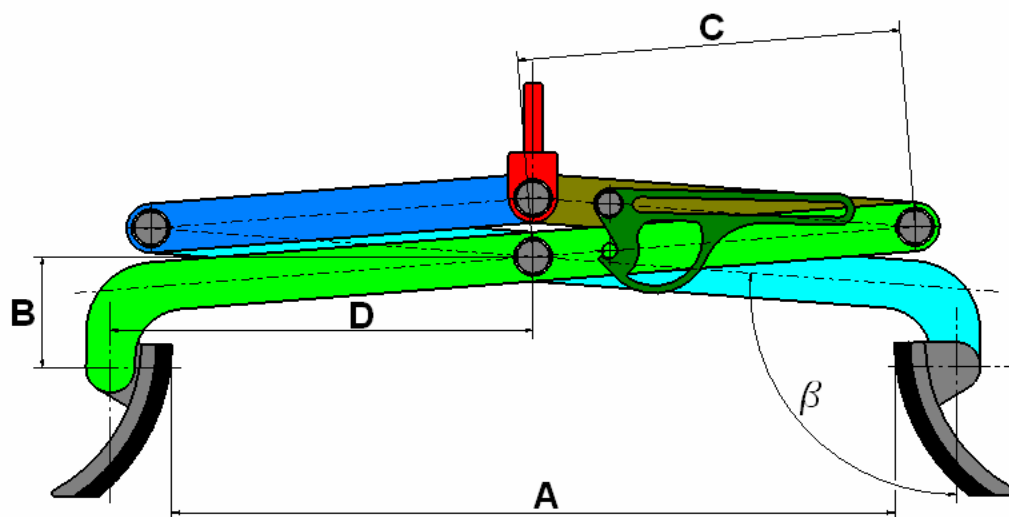
Další příklad paletového manipulátoru [13]

#### **4) Samosvorné manipulační kleště**

Zvolil jsem si téma bakalářské práce: Samosvorné manipulační kleště. Jakož to materiál jímž bude manipulováno jsou sádrovcové prefabrikáty firmy Gypstrend o rozměrech 450 x 300 x 80 [mm], hmotnost je 9 – 12kg. Pevnost v tlaku, která je rozhodující při navrhování manipulačních kleští je  $p_{dov} = 2[MPa]$ . Tření mezi kleštinami a svíraným materiálem jsou klíčové, předpokládám že kleštiny budou obloženy pryží a svíraný materiál je zpracovaný sádrovec z čehož vyplývá že koeficient tření bude podobný koeficientu tření pryž – beton  $f = 0,7 - 0,9[-]$ .



Příklad řešených samosvorných manipulačních kleští [14]



Samosvorné kleště s jasně rozlišenými částmi a základními rozměry [15]

V bakalářské práci jsem navrhl několik možností řešení a u nichž jsem provedl kinematický výpočet a v každém bodě jsem provedl výpočet svěrné síly, kontrolu na otláčení a kontrolu na prokluz břemene.

Různá řešení samosvorných manipulačních kleští jsem si rozdělil zpočátku dle úhlu jež svírá lomené rameno páky.

$\beta$	A	D
[°]	[mm]	[mm]
95	550	275
96	550	275
97	550	275
98	550	275
99	550	275
100	550	275

Dále jsem jednotlivé možnosti dělil dle zbylých rozměrů.

#### **4.1) Rozdělení pro úhel 95°**

<b>95 [°]</b>										
<b>B</b> [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
<b>C</b> [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

#### **4.2) Rozdělení pro úhel 96°**

<b>96 [°]</b>										
<b>B</b> [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
<b>C</b> [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

#### **4.3) Rozdělení pro úhel 97°**

<b>97 [°]</b>										
<b>B</b> [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
<b>C</b> [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

#### **4.4) Rozdělení pro úhel 98°**

<b>98 [°]</b>										
<b>B</b> [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
<b>C</b> [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

#### 4.5) Rozdělení pro úhel 99°

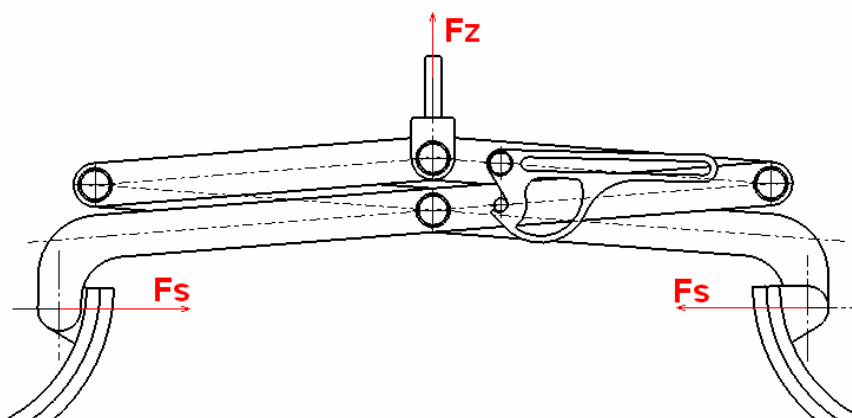
99 [°]										
B [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
C [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

#### 4.6) Rozdělení pro úhel 100°

100 [°]										
B [mm]	75	100	125	150	150	150	150	200	250	300
C [mm]	250	250	250	250	300	400	500	250	250	250

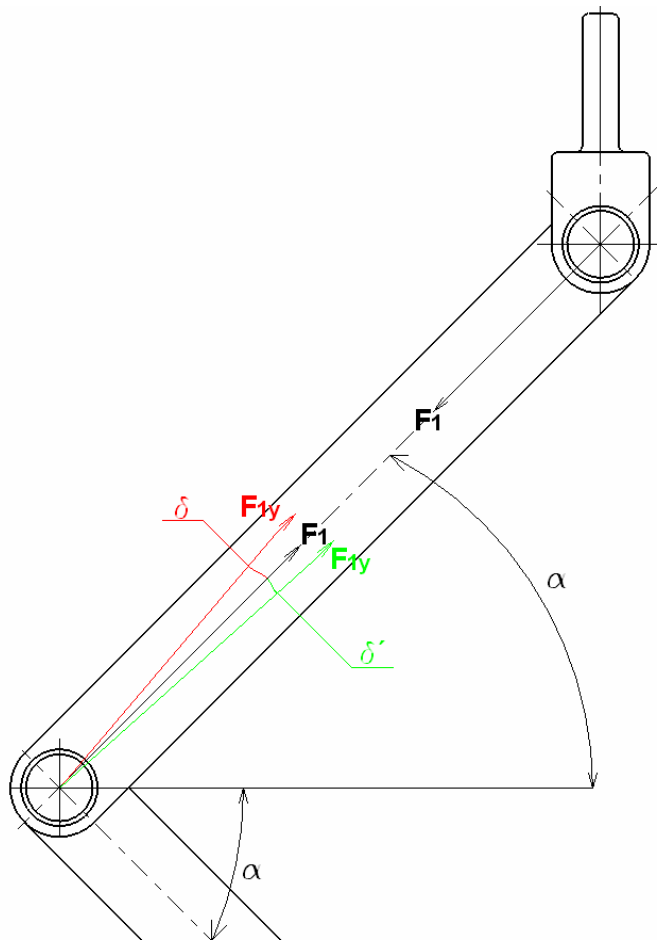
#### 5) Obecný výpočet svěrných sil

Svěrné síly jsou vyvozeny samotnou hmotností břemene. Tudíž můžeme říct, že  $F_z = F_G$ . Z čehož vyvozujeme další síly.



Základní síly v samosvorných manipulačních kleštích [16]

Jediným problémem při řešení svěrných sil, bylo to že při přesažení úhlu  $90^\circ$  mezi horními a dolními rameny se mění silový poměr neboť se mění trojúhelník, z kterého se počítají pomocné síly.

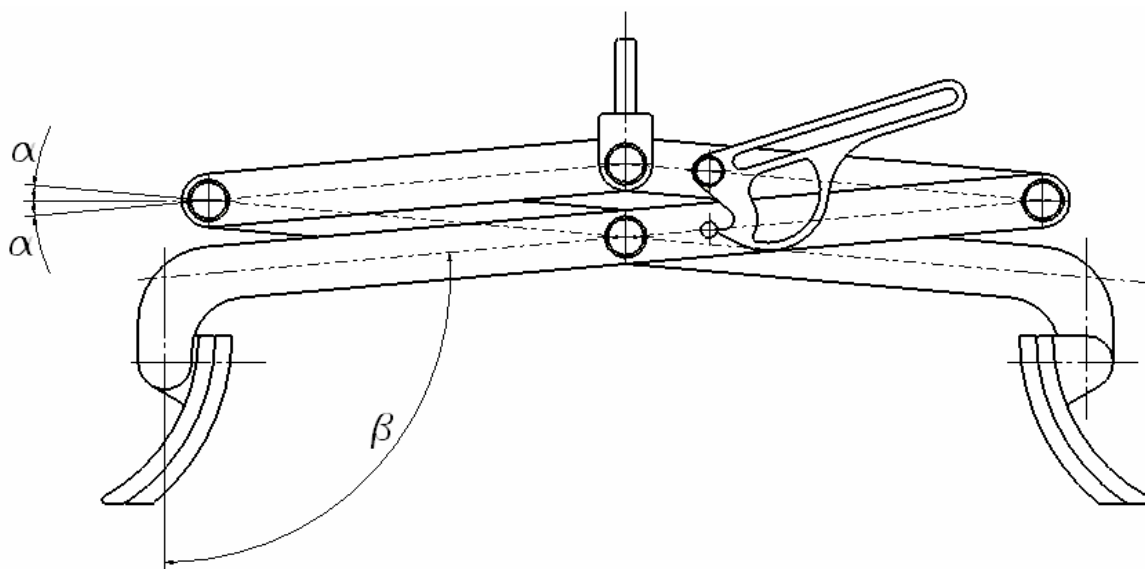


Rozložení síly  $F_{1Y}$  v závislosti na úhlu  $\alpha$  [17]

Jako výchozí vzorec z kterého jsem vycházel je,

$$\begin{aligned} F_z &= F_G & [N] \\ F_z &= m \cdot g & [N] \end{aligned}$$

Díky tomuto předpokladu lze snadno vypočítat sílu  $F_1$  působící v ose horního ramene samosvorných kleští. Ale napřed si musíme určit úhel  $\alpha$  jež je nutný pro výpočet síly  $F_1$ , určíme ho z předpokladu maximálního rozevření kleští ( $A=550\text{mm}$ ).



Úhly s kterými počítám ve výpočtech [18]

V návrhu samosvorných kleští jsem volil rozsah úhlů  $\beta$  z nichž nyní při výpočtech budu vycházet.

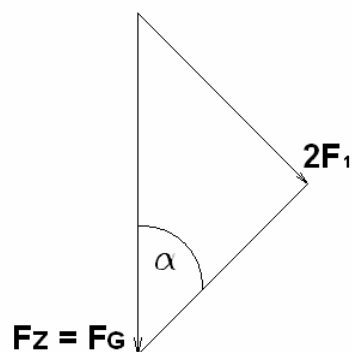
$$\alpha = \beta - 90^\circ \quad [^\circ]$$

Jenže při svírání, tudíž měnění se rozměru A se mění i úhel  $\alpha$ . A to tak že vzrůstá o přírůstek  $\gamma$ . Z tohoto budeme vycházet i v dalších výpočtech a proto změním vzorec o výpočet úhlu  $\alpha$ .

$$\alpha = \beta + \gamma - 90^\circ \quad [^\circ]$$

Nyní když již máme určený vzorec pro úhel  $\alpha$  můžeme vypočítat sílu  $F_1$  působící v horním rameni samosvorných kleští.





Rozložení sil v závěsu na táhla [19]

$$\sin \alpha = \frac{2 \cdot F_1}{F_z} \quad [^\circ]$$

$$\sin \alpha = \frac{2 \cdot F_1}{F_G} \quad [^\circ]$$

$$2 \cdot F_1 = F_G \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

$$F_1 = \frac{F_G}{2} \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

$$F_1 = \frac{F_G}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \quad [N]$$

$$F_1 = \frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \quad [N]$$

Sílu  $F_1$  potřebujeme převést kolmo k spodnímu rameni samosvorných kleští a tak ji převést na sílu  $F_{1Y}$ , jež je jednou silou z dvojice sil na páce. Než ji budeme moci vypočítat, tak je potřeba vypočítat si úhel  $\delta$ . Tento úhel je v podstatě odchylka síly  $F_1$  a díky tomuto úhlu budeme moci spočítat velikost síly  $F_{1Y}$ , ale opět vzorce budou funkcí úhlu. Protože opět je nutno vzít v potaz aktuální velikost sevření A, neboli úhel pootočení od pevné meze (pevnou mez tvoří maximální rozevření kleští). A dále je nutno vzít v potaz to že se změní vzorec pro výpočet úhlu  $\delta$  po překročení podmínky a to takové že,

$$\delta \in \alpha = \langle \beta - 90^\circ; 45^\circ \rangle$$

$$\delta' \in \alpha = (45^\circ; \sim 65^\circ)$$

Za těchto předpokladů můžeme určit obecné vzorce pro úhly  $\delta$  a  $\delta'$ ,

$$\delta = 90^\circ - 2 \cdot \alpha$$

[°]

$$\delta = 90^\circ - 2 \cdot (\beta + \gamma - 90^\circ)$$

[°]

$$\delta = 270^\circ - 2 \cdot (\beta + \gamma)$$

[°]

a

$$\delta' = 2 \cdot \alpha - 90^\circ$$

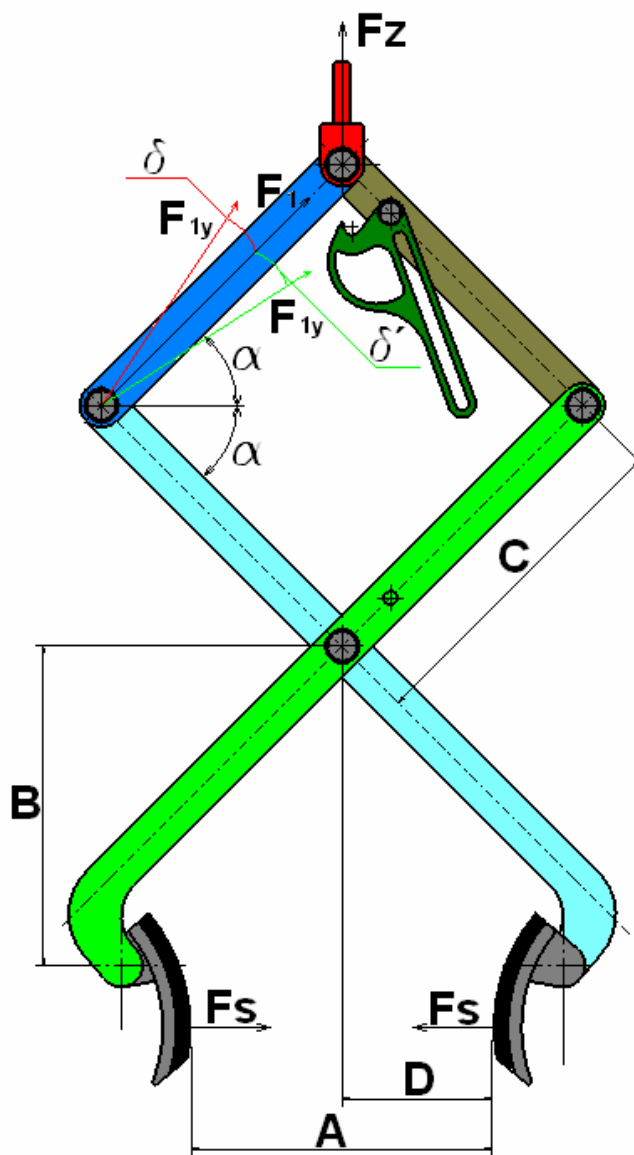
[°]

$$\delta' = 2 \cdot (\beta + \gamma - 90^\circ) - 90^\circ$$

[°]

$$\delta' = 2 \cdot (\beta + \gamma) - 270^\circ$$

[°]

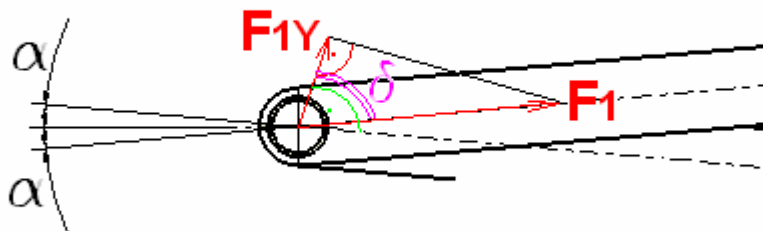


Celkové vyobrazení samsovrnných kleští s závislostí síly  $F_{1Y}$  na úhlu  $\alpha$  [20]

Díky určení úhlů  $\delta$  a  $\delta'$  může spočítat sílu  $F_{1Y}$ , při různých velikostech sevření kleštin A, neboli při pootočení o úhel od pevné meze (pevnou mez tvoří maximální rozevření kleští). Maximální síla sevření bude při dosažení  $\alpha = 45^\circ$ , protože potom bude platit,

$$F_1 = F_{1Y} \quad [N]$$

Výpočet síly  $F_{1Y}$ , pro úhel  $\alpha < 45^\circ$ ,



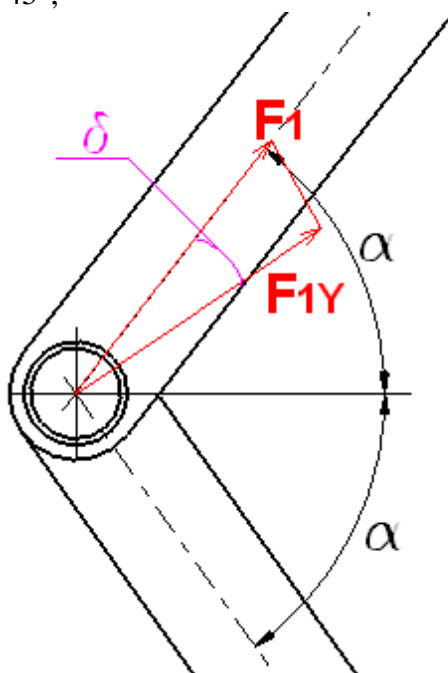
Vyobrazení sil pro úhel  $\alpha < 45^\circ$  [21]

$$\cos \delta = \frac{F_{1Y}}{F_1} \quad [^\circ]$$

$$F_{1Y} = F_1 \cdot \cos \delta \quad [N]$$

$$F_{1Y} = \frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[270^\circ - 2 \cdot (\beta + \gamma)] \quad [N]$$

Výpočet síly  $F_{1Y}$ , pro úhel  $\alpha > 45^\circ$ ,



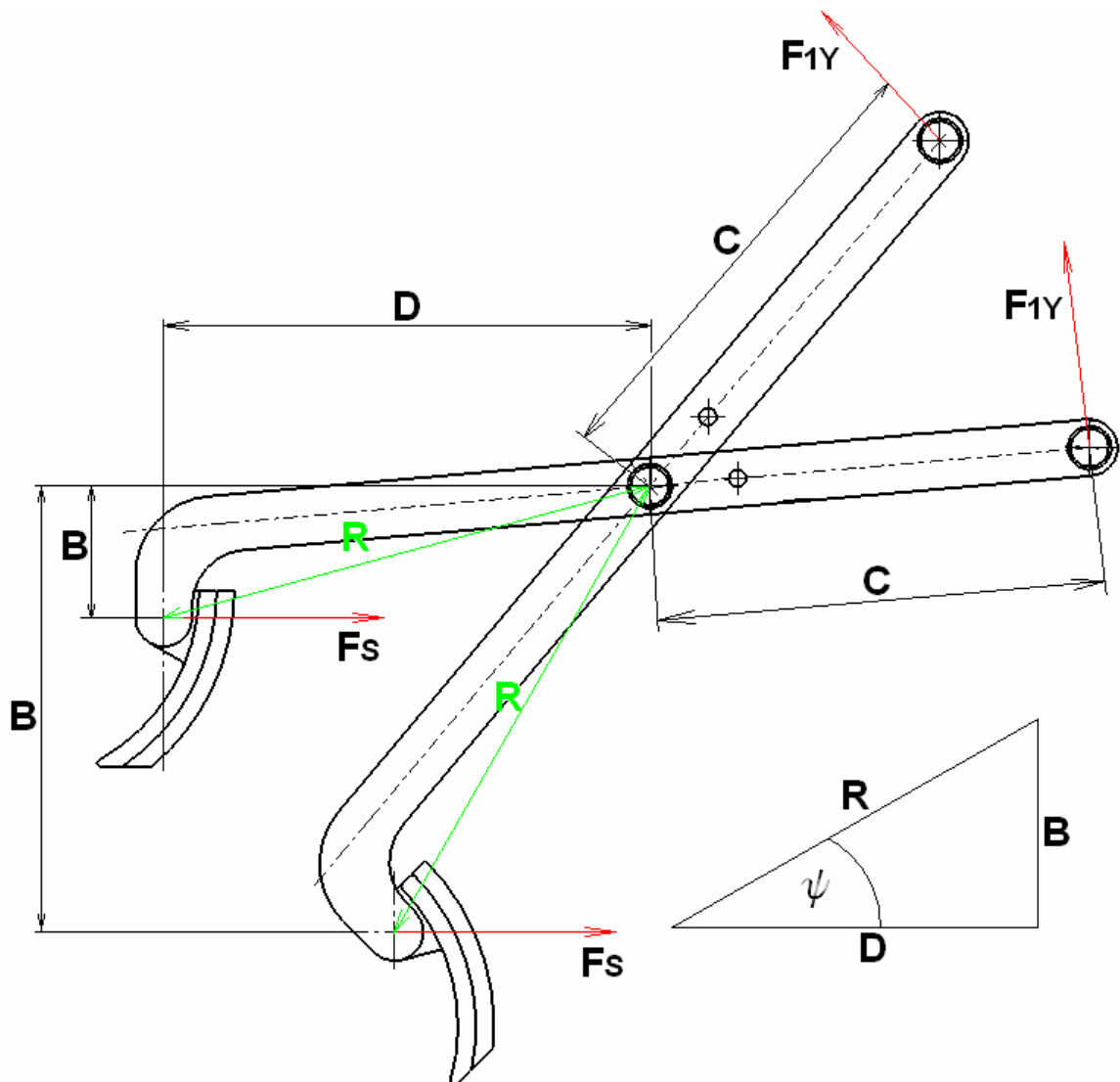
Vyobrazení sil pro úhel  $\alpha > 45^\circ$  [22]

$$\cos \delta = \frac{F_{1Y}}{F_1} \quad [^\circ]$$

$$F_{1Y} = F_1 \cdot \cos \delta \quad [N]$$

$$F_{1Y} = \frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[2 \cdot (\beta + \gamma) - 270^\circ] \quad [N]$$

Ze znalosti síly  $F_{1Y}$  a znalosti pravidel páky můžeme vypočítat sílu  $F_S$ . Díky lomené páky dochází k multiplikaci svěrné síly. Sílu  $F_S$  vypočteme jako rovnováhu momentů na páce. Rozměry  $C$  a  $R$  páky je neměnný, ale rozměry  $B$  a  $D$  se mění se sevřením kleští a tudíž se změnou pootočení o úhel od pevné meze.



Vyobrazení svěrných sil [23]

Poloměr  $R$  vypočítáme z Pythagorovy věty,

$$R^2 = D^2 + B^2 \quad [mm, m]$$

$$R = \sqrt{D^2 + B^2} \quad [mm, m]$$

Vypočteme si úhel  $\psi$ , z kterého dále vycházíme při dalších kinematických výpočtech. Volil jsme odstupňování ne dle šířky sevření, ale dle úhlu pootočení kleští. A to protože v obecných výpočtech počítám s funkcemi úhlů. Při výpočtu vycházím ze známých rozměrů což je při maximálním rozevření kleští. Ze znalosti rozměrů B a D.

$$D = \frac{A}{2} \quad [mm, m]$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{B}{D} \quad [^\circ]$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{B}{D} \quad [^\circ]$$

Díky výpočtu úhlu  $\psi$ , můžeme při různém odstupňování vypočítat rozměry B a D. Protože známe odvěsnu v trojúhelníku R.

Výpočet síly  $F_S$ , tuto sílu vypočítáme z momentové rovnováhy na páce. Jsou zde 3 verze výpočtu síly  $F_S$  a to pro  $\alpha < 45^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\alpha > 45^\circ$ .

Výpočet pro  $\alpha < 45^\circ$ ,

$$F_{1Y} \cdot C = F_S \cdot B \quad [N \cdot mm, N \cdot m]$$

$$F_S = \frac{F_{1Y} \cdot C}{B} \quad [N]$$

$$F_S = \frac{\frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[270^\circ - 2 \cdot (\beta + \gamma)] \cdot C}{B} \quad [N]$$

$$F_S = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[270^\circ - 2 \cdot (\beta + \gamma)] \cdot C}{2 \cdot B} \quad [N]$$

Výpočet pro  $\alpha = 45^\circ$ ,

$$F_{1Y} = F_1 \quad [N]$$

$$F_1 \cdot C = F_S \cdot B \quad [N \cdot mm, N \cdot m]$$

$$F_S = \frac{\frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot C}{B} \quad [N]$$

$$F_S = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot C}{2 \cdot B} \quad [N]$$

Výpočet pro  $\alpha > 45^\circ$ ,

$$F_{1Y} \cdot C = F_S \cdot B \quad [N \cdot mm, N \cdot m]$$

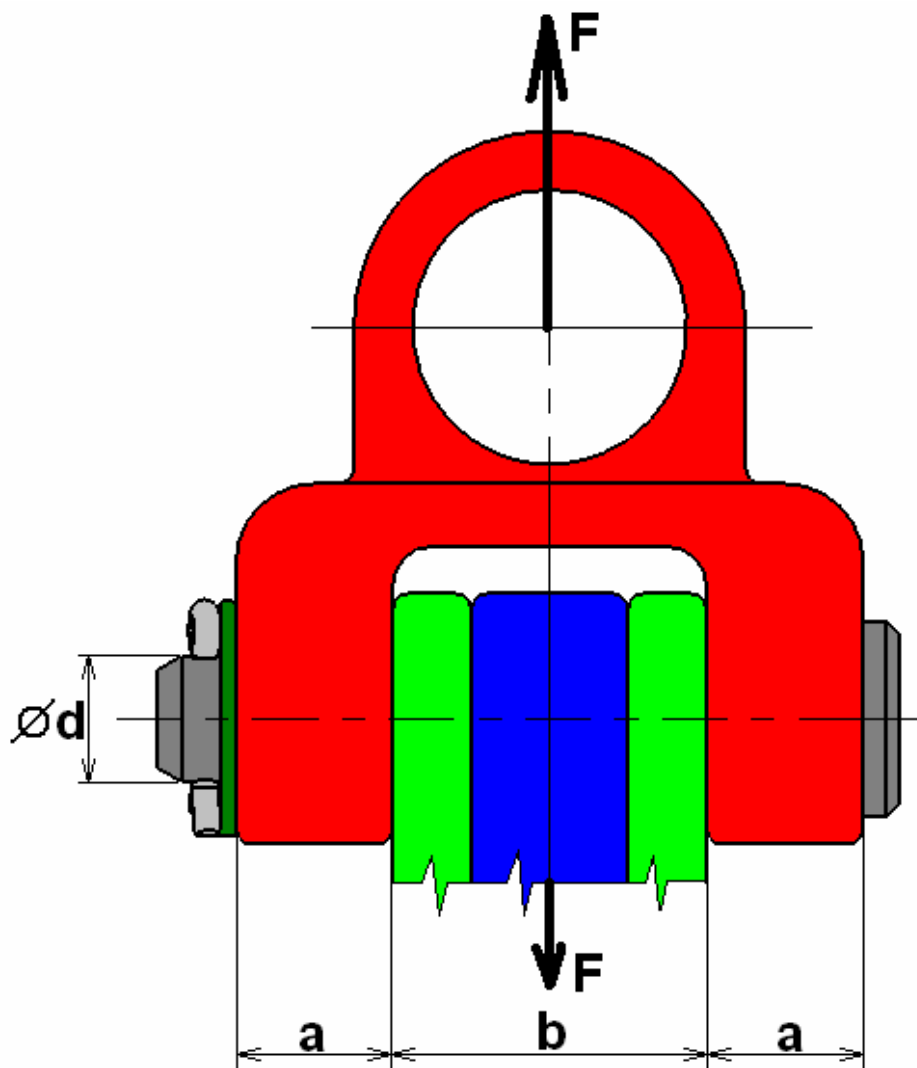
$$F_S = \frac{F_{1Y} \cdot C}{B} \quad [N]$$

$$F_S = \frac{\frac{m \cdot g}{2} \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[2 \cdot (\beta + \gamma) - 270^\circ]}{B} \quad [N]$$

$$F_S = \frac{m \cdot g \cdot \sin(\beta + \gamma - 90^\circ) \cdot \cos[2 \cdot (\beta + \gamma) - 270^\circ]}{2 \cdot B} \quad [N]$$

## 6) Kontrola zvoleného průměru čepů

Volil jsem předem průměr čepu  $d = 16$  [mm] a nyní provedu kontrolu zvoleného průměru ze stříhu a ohybu čepu. Vycházím z předpokladu že zvedací síla je rovna síle vyvozené břemenem. Protože se jedná o manipulační zařízení je nutno brát v potaz i bezpečnost, která by měla být dosti vysoká protože u manipulačních zařízení je bezpečnost asi tím nejdůležitějším faktorem. Proto volím bezpečnost  $k = 4$  [-].



Ukázka kontroly čepu na otláčání [24]

Volený materiál čepu je 11500 jeho parametry jsou dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{Do} = 110$  [MPa] = 110000000 [Pa] a dovolené napětí ve stříhu  $\tau_{so} = 70$  [MPa] = 70000000 [Pa]. Další rozměry jsou, průměr čepu  $d = 16$  [mm] = 0,016 [m], šířka  $a = 20$  [mm] = 0,02 [m] a šířka  $b = 40$  [mm] = 0,04 [m].

Výpočet síly pro kontrolu čepů,

$$F = F_z = F_G = k \cdot m \cdot g \quad [N]$$

$$F = k \cdot m \cdot g = 4 \cdot 12 \cdot 9,81 \quad [N]$$

$$F = 470,88 \quad [N]$$

Kontrola průměru čepu z ohybové podmínky,

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad [mm^3, m^3]$$

$$M_o = \frac{F}{8} \cdot (2 \cdot a + b) \quad [N \cdot mm, N \cdot m]$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do} \quad [N]$$

$$\frac{\frac{F}{8} \cdot (2 \cdot a + b)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{Do} \quad [MPa, Pa]$$

$$\frac{4 \cdot F \cdot (2 \cdot a + b)}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{Do} \quad [MPa, Pa]$$

$$\sqrt[3]{\frac{4 \cdot F \cdot (2 \cdot a + b)}{\pi \cdot \sigma_{Do}}} \leq d \quad [mm, m]$$

$$\sqrt[3]{\frac{4 \cdot 470,88 \cdot (2 \cdot 0,02 + 0,04)}{\pi \cdot 110000000}} \leq d \quad [m]$$

$$d \geq 0,007583 \quad [m]$$

$$d \geq 7,583 \quad [mm]$$

Kontrola průměru čepu z kontroly na stříh,

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [mm^2, m^2]$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot S} \leq \tau_{Ds} \quad [MPa, Pa]$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} \leq d \quad [mm, m]$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 470,88}{\pi \cdot 70000000}} \leq d \quad [m]$$

$$d \geq 0,002069 \quad [m]$$

$$d \geq 2,069 \quad [mm]$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá to že zvolený průměr vyhovuje.

## **7) Obecné řešení kontroly na otláčení svíraného materiálu**

Protože manipulovaný materiál je sádrovcový prefabrikát jež má určitou mez pevnosti v tlaku, je nutné vzít v potaz vliv svěrných sil na tento prefabrikát. A to z důvodu poškození manipulovaného materiálu.

V obecném výpočtu na otláčení je potřeba si nejprve vypočítat styčnou plochu. A protože jsem zvolil zaoblené kleštiny a neměl jsem žádnou možnost změřit v praxi skutečnou styčnou plochu, tak jsem se rozhodl počítat s minimální teoretickou styčnou plochou. Šířka styčné plochy bude rovna šířce klestín samotných což je  $x = 400$  [mm] a výšku styčné plochy volím  $t_{\min} = 0,5$  [mm].

$$S = x \cdot t_{\min} \quad [m^2, mm^2]$$

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \quad [Pa, MPa]$$

$$\frac{2 \cdot F_s}{2 \cdot S} \leq p_D \quad [Pa, MPa]$$

$$\frac{2 \cdot F_s}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,0005} \leq 2 \quad [MPa]$$

Do tohoto obecného vzorce dosazuji postupně svěrné síly jež jsem si před tím spočetl a tím zkontroluji otláčení sádrovcového prefabrikátu v každém stupni sevření samosvorných manipulačních kleští.

## **8) Srovnání navrhovaných řešení**

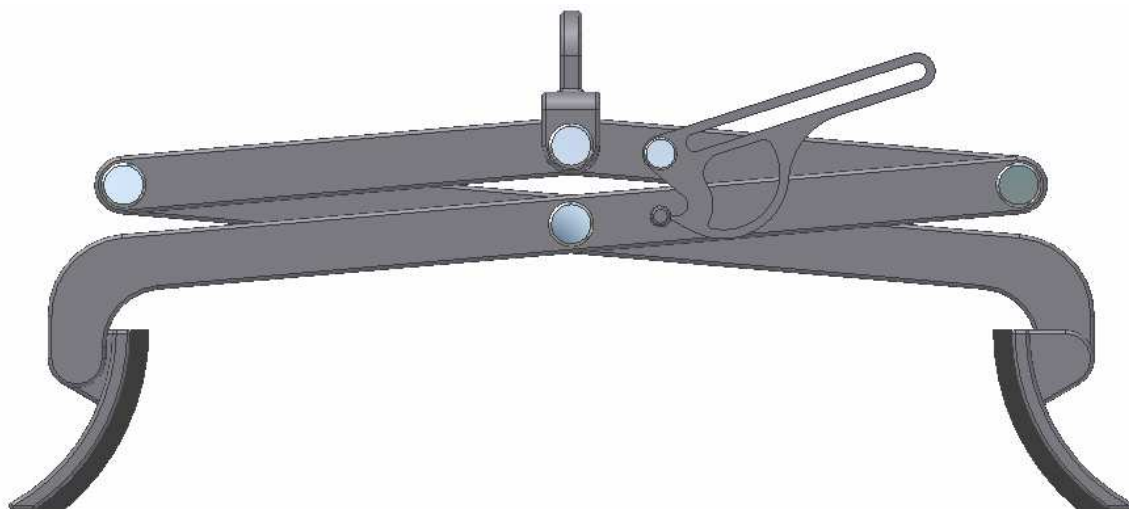
Největším problémem s kterým jsem se potýkal bylo to, že jsem měl zadané pouze břemeno. Toto břemeno ve většině navrhovaných řešeních nebylo schopno, i při takřka ideálních podmínkách, vyvodit takovou svěrnou sílu aby třecí síly byli větší jako tíha samotného břemene.

Možnosti řešení tohoto problému by bylo vložit do těchto kleští rozvírací člen, jež bude vyvozovat přídatnou sílu k dosažení potřebné svěrné síly. Což mě nepřišlo jakož to vhodné řešení, kvůli charakteru manipulačního zařízení.

Další možnost co jsem zvažoval je úprava jednotlivých rozměrů páky samosvorných kleští. A tuto možnost jsem zvolil jako vhodnou k řešení. Postupně jsem volil různé kombinace rozměrů a k nim jsem počítal kinematické výpočty. Které jsem obecně vyjádřil níže. K takto navrhnutým pozicím jsem počítal příslušné svěrné síly jež samosvorné manipulační kleště vyvozují v jednotlivých navrhovaných pozicích. Jednotlivé pozice jsem odstupňoval šířkou sevření kleští, kterou jsem následně přepočítal na úhel pootočení sevření samosvorných manipulačních kleští. A to z důvodu toho že s tímto úhlem pootočení počítám v obecném výpočtu sil v jednotlivých pozicích kleští. Díky následné znalosti svěrných sil v jednotlivých pozicích samosvorných manipulačních kleští jsem mohl spočítat kontrolu otláčení sádrovcového prefabrikátu a třecí síly. Všechny výpočty jsem dělal v programu Excel a tyto data jsou přiloženy v CD-ROMu. Díky tomuto rozhodnutí jsem mohl následně vykreslit do grafu průběh svěrných sil v jednotlivých řešeních a v jednotlivých odstupňováních sevření samosvorných manipulačních kleští.

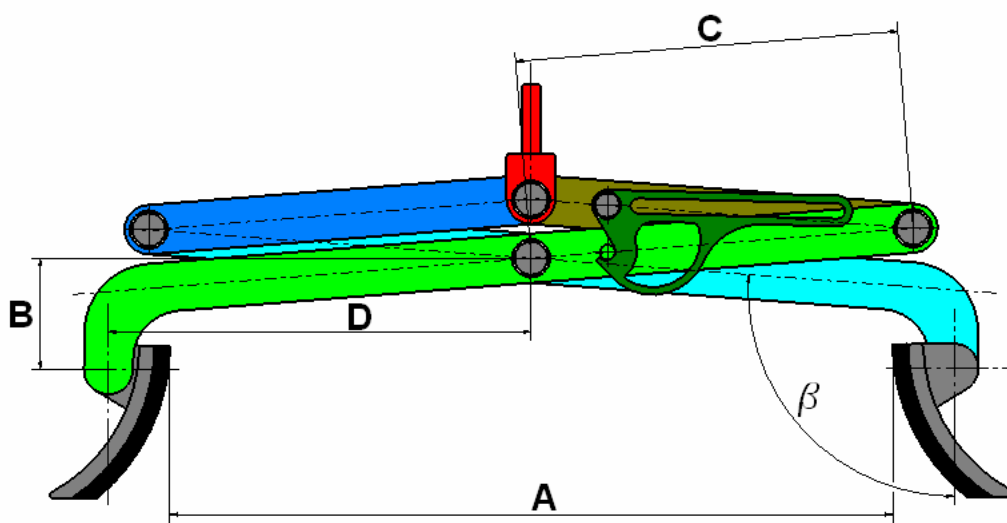


Jako základní odstupňování možných řešení jsem zvolil úhel zalomení páky, toto zalomení způsobuje následnou multiplikaci svěrných sil. A proto dle tohoto rozdělení zde uvedu i grafy průběhu svěrných sil.



Příklad jedné řešení samosvorných kleští z mnoha [25]

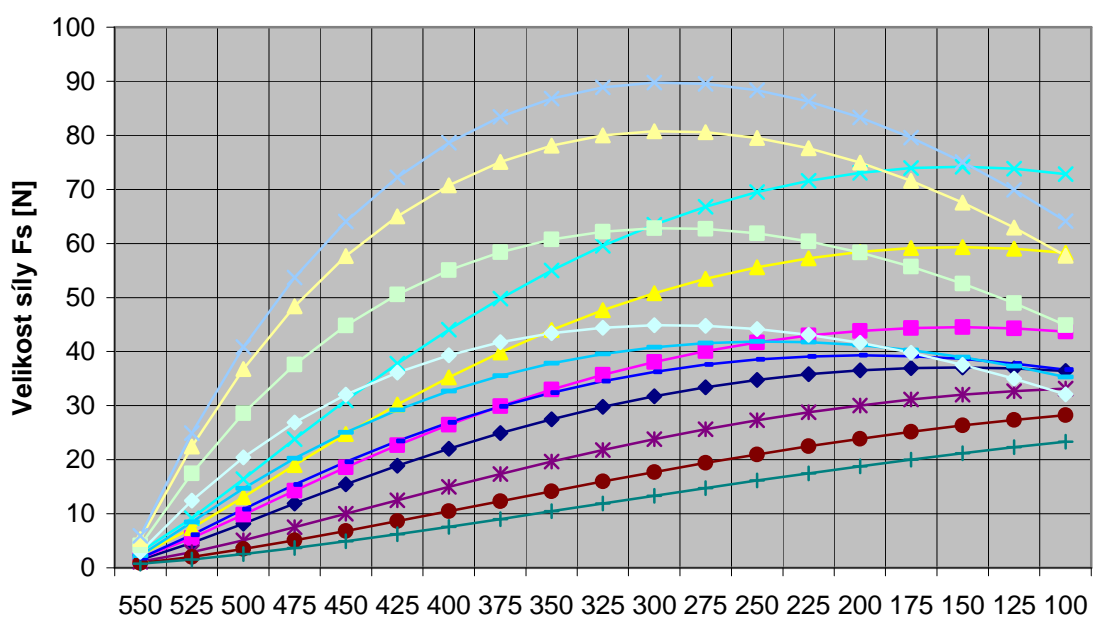
Jako další řazení jsem volil jednotlivé rozměry samosvorných manipulačních kleští.



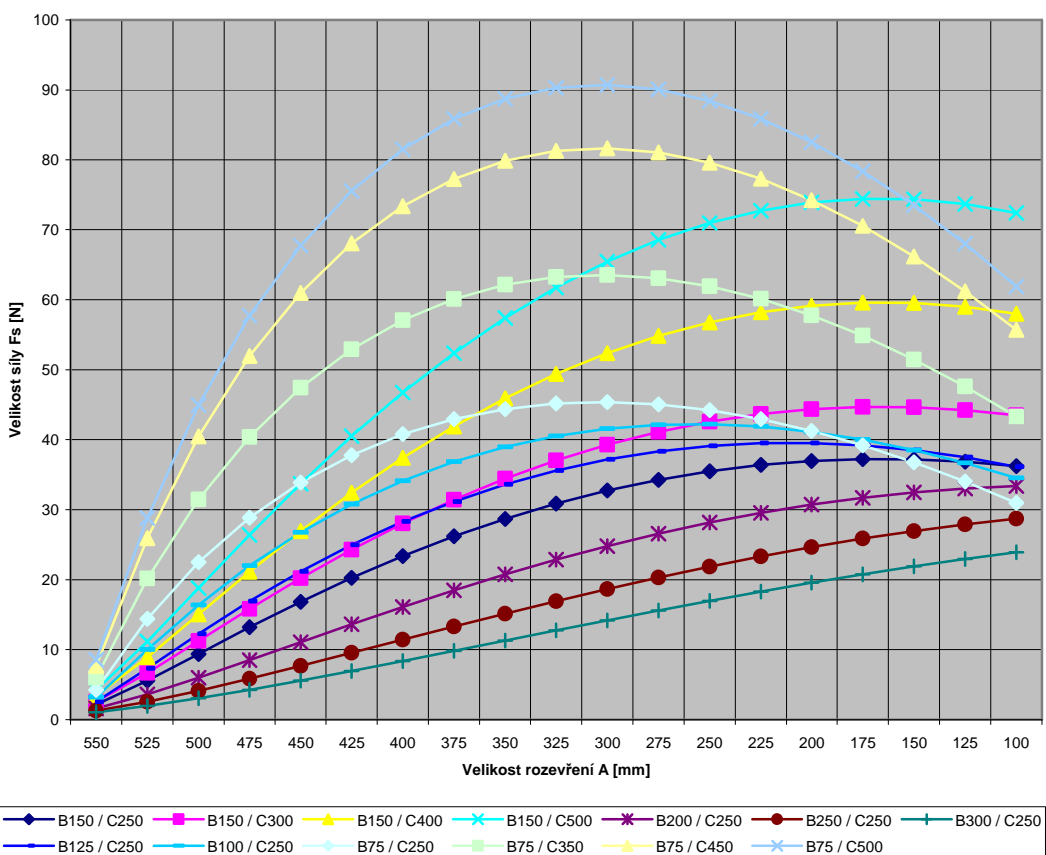
Samosvorné kleště s jasně rozlišenými částmi a základními rozměry [15]

Těmito rozměry jsou, rozměr spodní části ramene B a rozměr horní části ramene C.

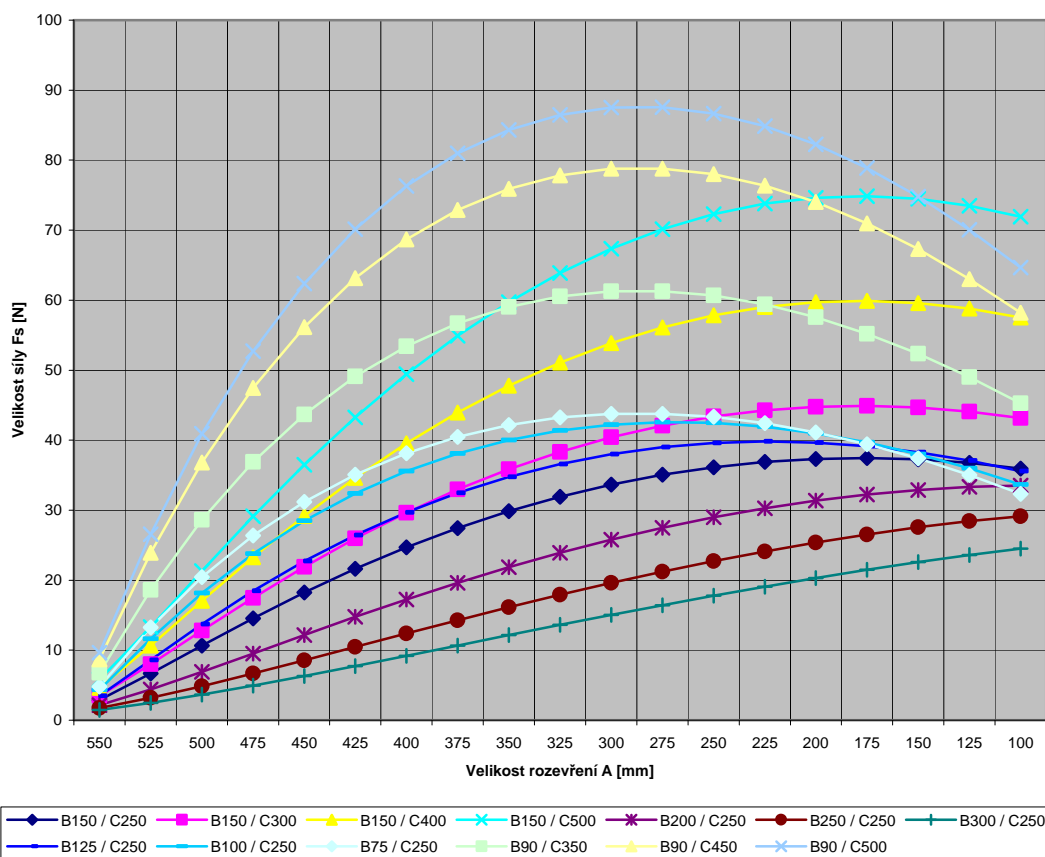
$\beta=95^\circ$



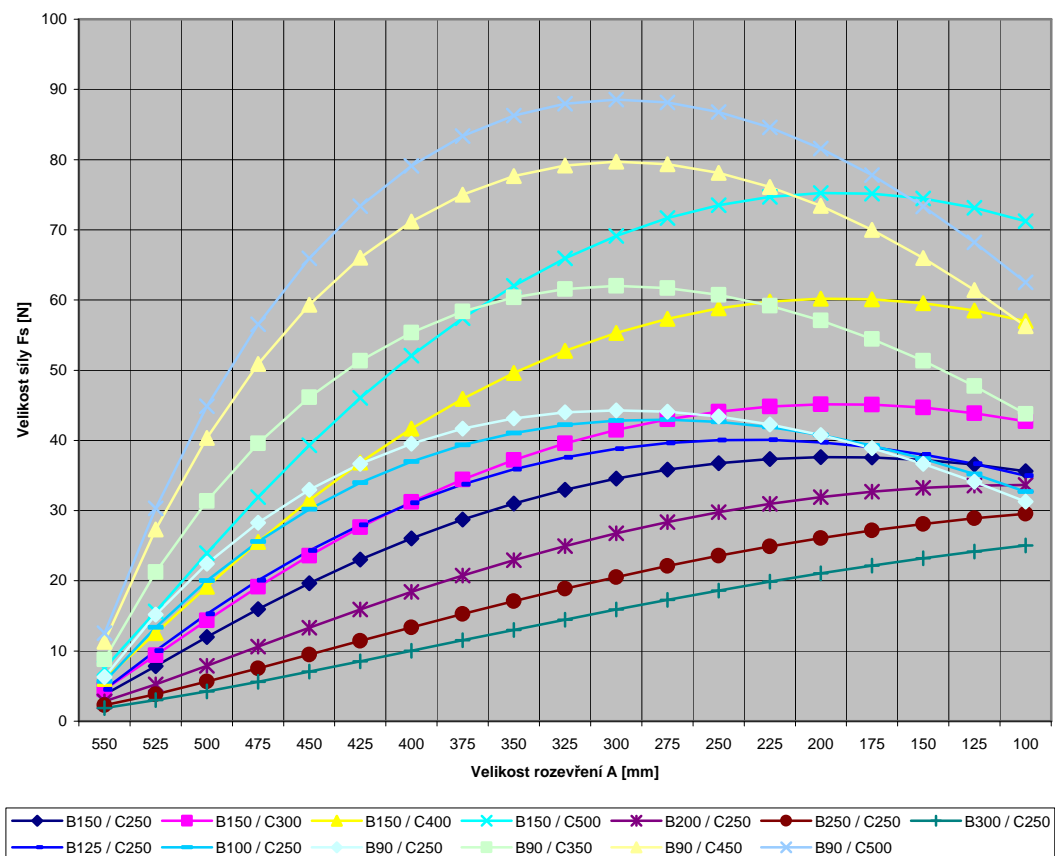
$\beta=96^\circ$



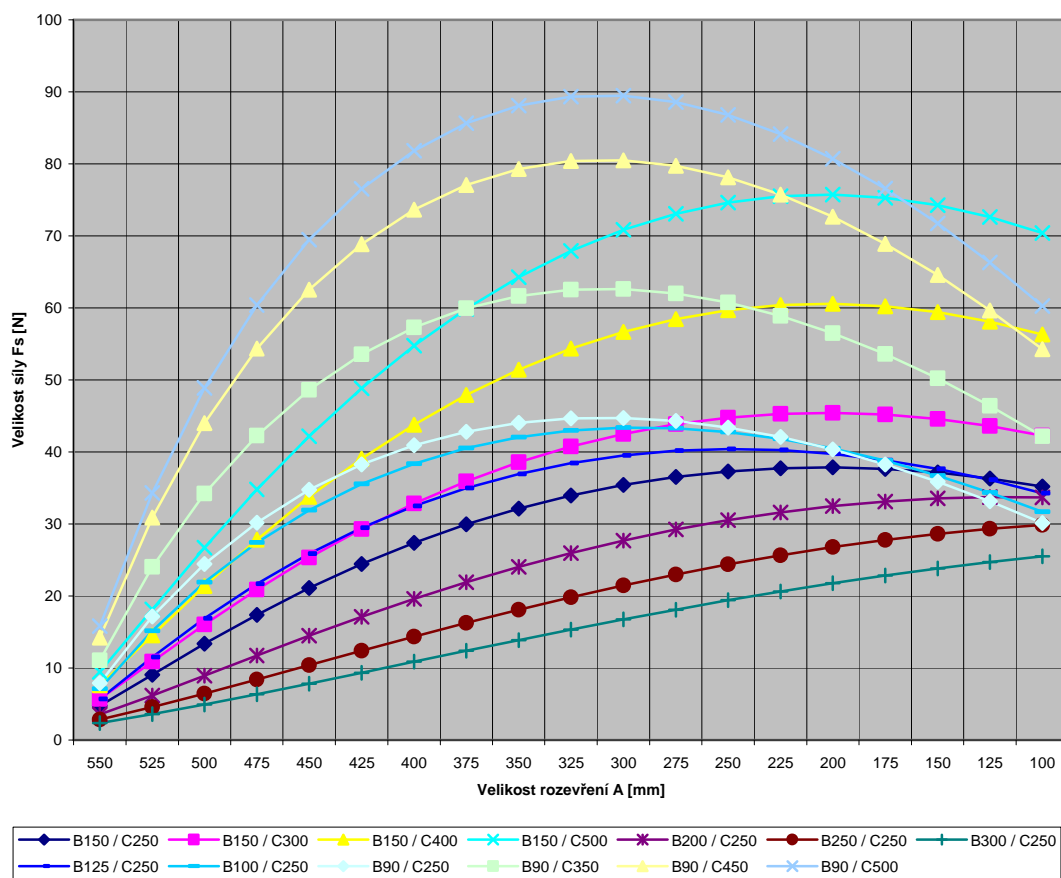
$\beta=97^\circ$



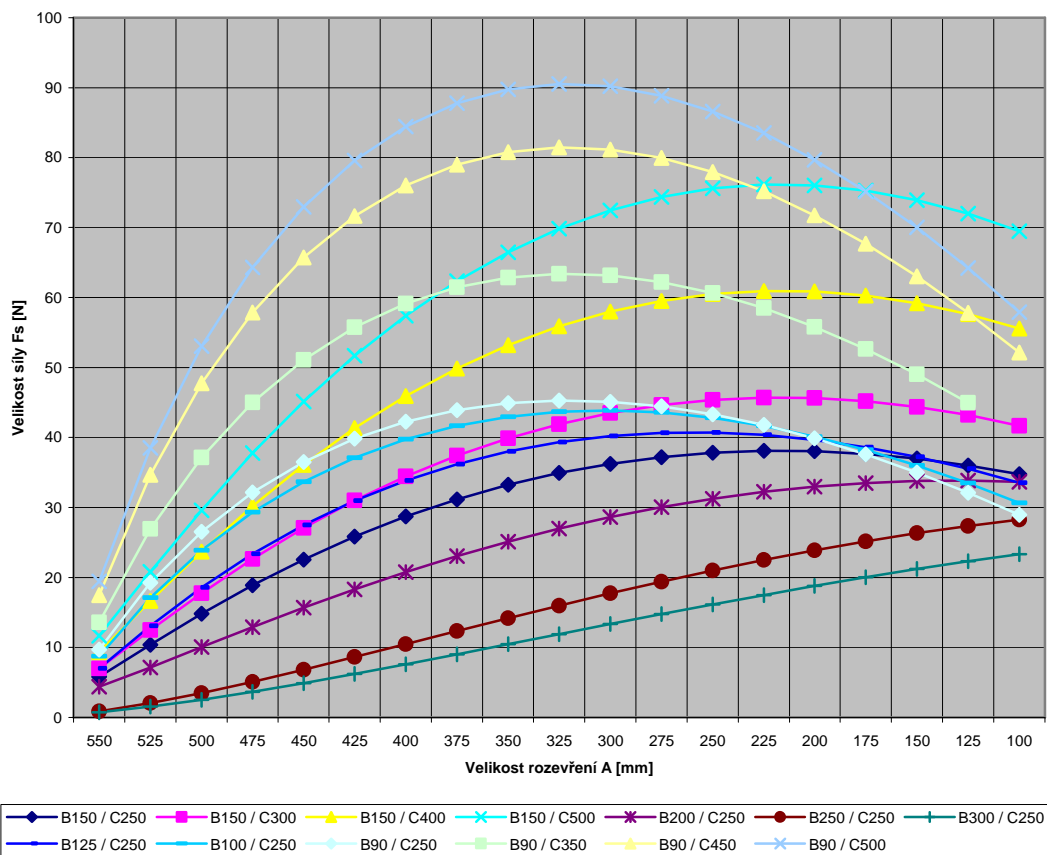
$\beta=98^\circ$



$\beta=99^\circ$



$\beta=100^\circ$



Jak lze jasně vidět na níže uvedených grafech nejvyšší síly je dosaženo při úhlu  $\alpha = 45^\circ$ .

## **9) Konstrukční řešení jednotlivých dílů**

Celou konstrukci jsme volil celkem jednoduchou a to z důvodu toho, že zvedaný materiál je malý a lehký. V konstrukci nejsme nijak omezeni, jako třeba šířkou kleští. Z důvodu jednoduchosti dílu popíšu konstrukčně nejsložitější díly.

### **Oko závěsu**

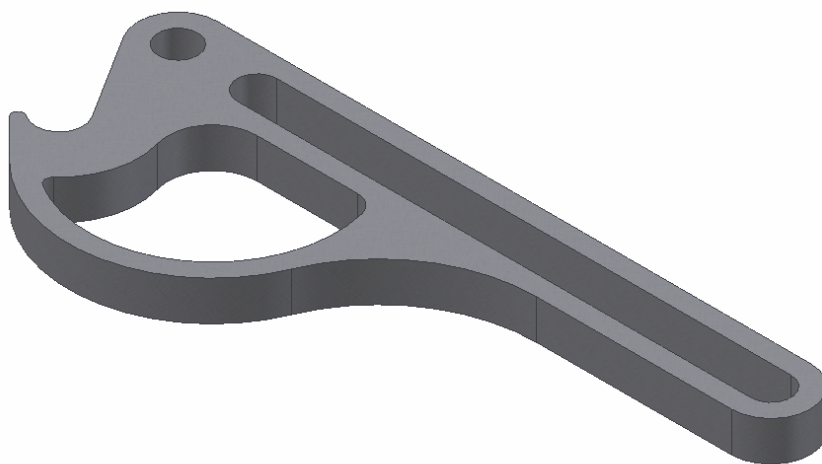
Jak lze vidět na obrázku oko závěsu jsem navrhl neotočné, předpokládám použití manipulačního prostředku jež je sám o sobě točný.



Závěsné oko [26]

### **Pojistná páka**

Tato páka slouží jako zámek kleští. Tento zámek se samovolně uzamkne při maximálním rozevření manipulačních kleští. Dosáhne se toho tím že se samosvorné manipulační kleště spouštějí dolu až se maximálně rozevřou, poté dojde k uzamčení pojistné páky a tím k zajištění pozice samosvorných kleští.



Pojistná páka [27]

Tvar této páky je volen tak aby klouzala po čepu v proti kusu a následně došlo k uzamčení.

### **Svěrná deska**

Uvažoval jsem nad plochými svěrnými deskami v otočných kloubech, ale narazil jsem na potíž v tom že by vyvstali problémy s dostatečně velkým utahovacím momentem vyvozeným spojovacím šroubem, protože při sevření by docházelo k vytvoření kroutícího momentu. Toto řešení jsem zamítl protože zařízení se bude neustále pohybovat a pracovat, takže bych pravděpodobně nebyl schopen zaručit dostatečně dlouhou dobu sevření šroubu.

Dále jsem uvažoval tyto svěrné desky upravit tak aby výše popsany problém se již nevyskytoval, protože jsem je navrhl tak aby svírání docházelo v ose šroubu. Ale ani toto řešení se mi nezdálo ideální pro můj případ.

Proto jsem se rozhodl použít pevných kleštin, kde zajišťuje vhodné natočení vzhledem k svíranému materiálu zaoblením kleštin.



Příklad jedné svěrné desky ze dvou [28]

## **10) Seznam použité literatury**

### **Literatura**

- 1) Podklady dodané firmou Prestar s.r.o.
- 2) [www.prestar.cz](http://www.prestar.cz)
- 3) [www.bushmanavontec.com](http://www.bushmanavontec.com)
- 4) [www.somershandling.co.uk](http://www.somershandling.co.uk)
- 5) [www.carlstahl.de](http://www.carlstahl.de)
- 6) [www.gypstrend.cz](http://www.gypstrend.cz)

### **Obrázky**

- 1-13 katalog firmy Carlstahl - [www.carlstahl.de](http://www.carlstahl.de)  
14-28 vytvořené autorem práce

## **11) Přílohy**

### **Výkresy**

GRA087-01	Výkres sestavy
GRA087-01-01	Výrobní výkres spodního ramene páky T20
GRA087-01-02	Výrobní výkres spodního ramene kleští s čepem pro pojistnou páku T10
GRA087-01-03	Výrobní výkres spodního ramene kleští T10
GRA087-01-04	Výrobní výkres horního ramene kleští T20
GRA087-01-05	Výrobní výkres horního ramene kleští T10
GRA087-01-09	Výrobní výkres svorné páky

Jako další příloha je CD-ROM s všemi grafickými řešeními samosvorných kleští v programu Inventor a příslušné výpočty v programu Excel.